

Molecular Approaches for the Improvement of Productivity and Quality
of Plants by Studying Nitrogen Utilization and Photosynthesis
窒素利用および光合成機能の向上による
高生産・高品質型植物の作出のための
分子栄養学的基礎研究

プロジェクトリーダー 山谷知行

東北大学 大学院農学研究科 教授



1. 研究の目的

近未来において人類が直面する深刻な課題の一つに、地球規模での食料の確保が上げられます。地球上の殆どの生命活動は植物に依存していますので、近未来地球環境を想定した植物の生産性と品質の向上に関わる研究は大変重要です。太陽の光エネルギーを植物の中で化学エネルギーに変換し、無機態の窒素と炭素を同化する窒素利用と光合成は、植物の生産性や品質と最も深い関係にあります。しかし、窒素利用と光合成は相互に密接に関わり合う非常に複雑な代謝系であり、生産性と品質を決定する標的は、定まっていない現状にあります。

本プロジェクトでは、窒素利用と光合成機能を律する標的を見極め、今後の有用作物の作出に関する基礎を確立することを最大の目的としています。主要作物への遺伝子導入も可能になって、形質の改変ができるようになってきています。生産性を律する窒素利用と光合成機能の標的が判り次第、この遺伝子工学技術を応用して機能の増強を試みます。さらに、得られた形質転換体を、隔離温室や隔離圃場で栽培実験や機能解析を行うことにより、作物としての評価を総合的に行うことを目指しています。並行して、近未来環境に対する窒素代謝や光合成の応答を解析するとともに遺伝資源をも活用し、食料生産における分子栄養学的な基礎を確立することを目指しています。



2. 研究の内容

本プロジェクトでは、窒素利用と光合成の機能を律する標的を分子栄養学的に探索し、高生産・高品質型植物の作出を行うための基礎を確立する研究を組織的に推進しています。この研究では、遺伝子から圃場までの総合的な解析を行う、大きな特色を持っています。世界三大穀物の一つであるイネを中心に、無機態窒素の同化・体内での利用・お米への集積などの分子機構と、無機態炭素の同化・お米へのでんぷん集積・光合成の近未来環境に対する応答機構の解明を、大きな柱としています。同時に、光合成型の異なるトウモロコシの炭素同化の制御機構や、大気汚染ガスである窒素酸化物の植物による浄化も視野に入れています。

(1) 窒素同化を律する標的

植物が主に利用する無機態窒素は、畑作物では硝酸イオンであり、水田ではアンモニウムイオンです。硝酸イオンは、亜硝酸イオンを経てアンモニウムイオンに還元された後、グルタミンへと有機化されます。グルタミンは、アミノ酸代謝の中核であるグルタミン酸に変換され、多くの生合成反応に利用されます。この同化の過程では、種々の酵素が複数の反応を触媒しますが、いずれも同化系全体を律する標的となり得ます。高次系である植物の特徴から、これらの酵素遺伝子の発現する時期や組織的な特異性に加えて、遺伝子の転写・翻訳・翻訳後の制御系が複雑に絡み合っており、窒素同化反応が秩序正しく進行します。現在、個々の酵素の発現制御機構の解明を分子生理学・分子遺伝学を駆使して行っています。

(2) 窒素利用を律する標的

同化された窒素は、タンパク質や核酸として葉などで活躍した後、分解され、維管束系を介して穂へ運ばれます。この窒素転流は、例えばイネの穂へ運ばれる全窒素の8割も占める、生産性や品質を決定する重要な機構です。この過程に関わる反応も、全て窒素利用全体を律する標的です。老化器官でのタンパク質分解の分子機構、転流形態への変換と、若い器官における窒素再利用の分子機構、お米の貯蔵タンパク質集積の分子機構などについて、分子栄養学的な解析と形質転換体を応用して研究を推進しています。また、遺伝資源の活用も図って、窒素利用を律する標的の解析を総合的に推進しています。

(3) 光合成を律する標的

イネなどのC3型光合成植物の光合成を律する標的は、CO₂を固定するRubiscoであり、またトウモロコシなどのC4型植物では同じくCO₂を固定するPEPCであると考えられています。これらの酵素機能の発現は、様々な段階で制御を受けています。Rubiscoに関しては、近未来を想定したCO₂や温度環境に対する応答を、生理生化学的および分子遺伝学的に研究を行っています。PEPCに関しては、特に遺伝子の翻訳後の活性制御が重要であることから、PEPCタンパク質の修飾に関わる分子機構の解明を目指しています。固定されたCO₂は、イネでは胚乳にでんぷんとして集積して、生産性と品質を決定します。この集積機構についても、分子遺伝学的な研究を推進しています。

(4) 形質転換植物の圃場での評価

上記の研究の推進には、いずれも遺伝子工学の技術が応用されます。生産性や品質の向上に関わる標的の解析には、得られた形質転換植物を、実験室のみならず隔離温室や隔離圃場で栽培し、実証的に評価することが必要となります。その目的を達成するために、本プロジェクトでは、平成9年度に広島大学にP1隔離温室、東北大学農学部附属農場にP1隔離圃場をそれぞれ設置しました。

3. 研究の体制等

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、メンバー4名、研究協力者5名で構成されています。下記の研究室では、多数の大学院生が研究に参加しています。

実験場所：主拠点は東北大学農学部、副拠点は千葉大学園芸学部と広島大学理学部。他に筑波大学・京都大学・京都府立大学等と、緊密に連携してプロジェクトを推進しています。



遺伝子導入装置の心臓部



形質転換イネの作出



開放系ガス交換型光合成測定装置